

Physical activity : implications for human energy metabolism

Citation for published version (APA):

Meijer, G. A. L. (1990). *Physical activity : implications for human energy metabolism*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Rijksuniversiteit Limburg. <https://doi.org/10.26481/dis.19900216gm>

Document status and date:

Published: 01/01/1990

DOI:

[10.26481/dis.19900216gm](https://doi.org/10.26481/dis.19900216gm)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary

One of the problems in clarifying the possible relationship between physical activity and health is the lack of a standardized method for the assessment of physical activity under free living conditions. Methods used for this purpose range from job classification, questionnaires and observation, to assessment of physiological parameters like heart rate and maximal oxygen uptake. Recently accelerometers have been added to this spectrum. These instruments allow measurement of body accelerations resulting from movement. Most of the accelerometers available are uni-directional i.e. accelerations are assessed in one direction only. This thesis describes a newly developed three directional accelerometer. Experiments were conducted to test validity and accuracy of the instrument both in the laboratory and under free living conditions. Furthermore two outdoor studies are described using the accelerometer for the assessment of physical activity.

Reviewing literature on different motion sensor techniques, their validity and accuracy, it is concluded that from all motion sensors the accelerometer looks most promising, yet, little is known on its reliability (Chapter 2). Subsequently, the reliability of the three-directional accelerometer is tested during treadmill experiments and with the aid of a device delivering a standardized movement (the bench test). Variation between accelerometers during treadmill walking was on average 22 %, and was not improved by adjustment for differences found in the bench test. Reproducibility of the instruments in four bench tests performed within a week was higher than 92%, and in the treadmill experiments on average 85% . We conclude that the the accelerometer is superior to other motion sensors; yet, the technique should be further improved. Possible steps to achieve this improvement are discussed.

In Chapter 3 the relationship between accelerometer output (AO) and heart rate -which was recorded synchronously- one the one hand and energy expenditure on the other hand, is presented. In the laboratory, AO showed a linear relationship with energy expenditure measured by indirect calorimetry during 7 different activities covering most of the range of energy expenditure expected during normal daily life. In a field study, AO showed a strong correlation with energy intake in 4 healthy subjects. In both studies the accelerometer was superior to heart rate recording in this respect.

The validity and accuracy of the accelerometer under free living conditions is described in Chapter 4. Accelerometer output was compared with measurements of physical activity using indirect calorimetry (doubly labeled water and respiration chamber) in 52 subjects. It appeared that from the 11 accelerometers used only 4 showed a strong correlation with energy expenditure due to physical activity. Possible reasons for the malfunctioning of the other 7 are discussed. The pooled data of the former mentioned instruments explain 77% of the variation in energy expenditure, providing corrections are

made for individual differences in energy expenditure assessed in the laboratory during similar activities. Without the latter correction the accelerometer may still be a powerful instrument in epidemiological research.

Summarizing these results it is concluded that the accelerometer using a three directional sensor is a useful instrument for the assessment of physical activity under free living conditions. The accuracy of the method is superior to that of heart rate recording and of all other motion sensor techniques described in literature. Yet, they also show that the accelerometer technique needs further improvement.

Physical activity has been suggested several times to be a potential causal factor for obesity. We found no difference in physical activity between 9 obese and 13 control subjects, either measured with the accelerometer (9712 ± 3557 v 9687 ± 2753 counts/day), or with indirect calorimetry and adjusted for differences in fat free mass (116 ± 23 v 114 ± 31 kJ/kg.day) (Chapter 5). Energy intake assessed with a 7-day food diary showed a large discrepancy with energy expenditure in the obese (on average -4.5 MJ/day). As there were no clear indications of dieting in this group we conclude that underrecording of food intake is the major factor responsible for this discrepancy.

A low physical activity level, quite common in our society, may be increased by participating in (recreational) sports. However, little is known about the effects of such an increase on energy metabolism. We studied metabolic changes and changes in body composition in 32 subjects (16 males, 16 females) with an initial low activity level during a 5-month endurance-training program which aimed at running a 1/2 marathon after 9 months (Chapter 6 & 7). Physical activity assessed with the accelerometer increased with 62 and 63% after 20 weeks in males and females respectively. This increase was mainly due to the increase in training. Energy expenditure increased significantly in males and outlived expenditure for endurance-training 3 to 4 times. In females changes in energy expenditure could be largely attributed to the net cost of training itself and to a small increase in resting metabolic rate. Furthermore, no long-term effect of exercise on sleeping metabolic rate was observed. The results suggest that exercise stimulates physical activity and diet-induced thermogenesis in males, but not in females.

After 20 weeks of training there was no significant change in body mass. However, body composition changed significantly. Loss of fat mass was 2.4 and 0.9 kg in men and women respectively, while fat free mass increased with 1.7 and 1.0 kg respectively.

In an analysis of the relationship between body composition and the menstrual cycle on the one hand and sleeping metabolic rate on the other hand, fat free mass was the best single predictor of sleeping metabolic rate, as in most literature on this subject (Chapter 8). However, in our data fat mass made a significant contribution to the model. Possible explanations are discussed. Apart from this the menstrual cycle appears to influence sleeping metabolic rate significantly. Of 16 women, 14 showed increased sleeping metabolic rate in the post-ovular phase of the menstrual cycle. We suggest to include both fat mass and the menstrual cycle in future analyses of sleeping metabolic rate.

Samenvatting

Een van de problemen bij het onderzoek naar de mogelijke relatie tussen lichamelijke activiteit en gezondheid is het ontbreken van een gestandaardiseerde methode voor het bepalen van lichamelijke activiteit van mensen in hun dagelijkse leven. Methoden die hiervoor in het verleden gebruikt zijn lopen uiteen van het indelen naar beroepen, vragenlijsten en directe observatie, tot het meten van fysiologische parameters als hartfrequentie en maximale zuurstofopnamecapaciteit. De ontwikkeling van versnellingsopnemers voegt een nieuwe methode aan dit spectrum toe. Deze instrumenten meten de versnellingen van het lichaam die ontstaan ten gevolge van bewegingen die gemaakt worden. De meeste versnellingsopnemers zijn slechts gevoelig voor versnellingen in één richting. In dit proefschrift wordt een nieuw ontwikkelde versnellingsopnemer gepresenteerd, die versnellingen in drie richtingen waarneemt. Zowel de validiteit van deze nieuwe methode als de nauwkeurigheid zijn onderzocht, enerzijds in het laboratorium, anderzijds bij mensen onder dagelijkse leefomstandigheden. Daarnaast worden twee experimenten beschreven waarin deze nieuwe methode gebruikt is voor het meten van lichamelijke activiteit.

Naar aanleiding van een uitgebreid literatuuronderzoek met betrekking tot de betrouwbaarheid van verschillende methoden om beweging van het menselijk lichaam te meten, kan geconcludeerd worden dat de versnellingsopnemer de meest veelbelovende techniek is. Tegelijkertijd moet echter geconstateerd worden dat er nog maar weinig bekend is over de nauwkeurigheid van deze techniek (Hoofdstuk 2). De betrouwbaarheid van de hier ontwikkelde versnellingsopnemer is bepaald met behulp van een apparaat dat een gestandaardiseerde beweging uitvoert (calibratieproeven), en tijdens proeven op de loopband. Bij de loopbandproeven was de gemiddelde variatie tussen de verschillende versnellingsopnemers 22%. Deze variatie kon niet worden verkleind door te corrigeren voor verschillen die in de calibratieproeven werden gevonden. De reproduceerbaarheid van de instrumenten in vier calibratieproeven die binnen een week werden uitgevoerd was hoger dan 92%; de reproduceerbaarheid tijdens de loopbandproeven was gemiddeld 85%. Hieruit concluderen we dat de hier gepresenteerde versnellingsopnemer beter is dan andere "bewegingsmeters". De techniek blijft echter voor verbeteringen vatbaar; enkele suggesties hiervoor worden besproken.

In Hoofdstuk 3 is de relatie tussen de gemeten versnelling (AO, accelerometer output) en de -gelijktijdig opgenomen- hartfrequentie en het energiegebruik beschreven. Er werd een lineair verband aangetoond tussen AO en het energiegebruik -gemeten in het laboratorium met behulp van indirecte calorimetrie- tijdens 7 vormen van activiteit met verschillende intensiteit. De intensiteit van deze activiteiten kwam overeen met die welke in het normale dagelijkse leven verwacht mogen worden. In een veldonderzoek bij 4

gezonde proefpersonen bleek AO sterk gecorreleerd te zijn met de energieopname. In beide onderzoeken waren de resultaten van de versnellingsopnemer beter dan die op basis van de hartfrequentiemetingen.

De nauwkeurigheid van de versnellingsopnemer bij meting van lichamelijke activiteit onder normale dagelijkse omstandigheden is verder onder de loep genomen in Hoofdstuk 4. Van 52 proefpersonen is AO vergeleken met verschillende maten voor lichamelijke activiteit op basis van indirecte calorimetrie (tweevoudig gemerkt water en respiratiekamers). Het bleek dat van de 11 gebruikte versnellingsopnemers slechts 4 een sterk verband tussen AO en het energiegebruik ten gevolge van lichamelijke activiteit te zien gaven. Mogelijke oorzaken voor het slecht functioneren van de andere 7 worden beschreven. De gegevens verzameld met de 4 genoemde meters verklaren 77% van de variatie in energiegebruik, mits gecorrigeerd wordt voor individuele verschillen in energiegebruik zoals die in het laboratorium bij vergelijkbare activiteiten worden vastgesteld. Ook zonder deze laatste correctie is de versnellingsopnemer echter een bruikbaar instrument voor epidemiologisch onderzoek.

Samenvattend kan gesteld worden dat de hier gepresenteerde in drie richtingen gevoelige versnellingsopnemer, een bruikbaar instrument is voor het bepalen van de lichamelijke activiteit van mensen onder normale dagelijkse omstandigheden. De nauwkeurigheid van de methode is groter dan die van metingen op basis van hartfrequentie, en van alle andere bekende "bewegingsmeters". Het is echter duidelijk dat de methode verder verbeterd dient te worden.

Regelmatig wordt er gesuggereerd dat lichamelijke activiteit een rol zou spelen bij het ontstaan van overgewicht. In een onderzoek naar de lichamelijke activiteit van 9 mensen met - en 13 mensen zonder overgewicht vonden wij geen verschil, noch op basis van de metingen met de versnellingsopnemer ($AO: 9712 \pm 3557$ v 9687 ± 2753 counts/dag), noch op basis van metingen met tweevoudig gemerkt water en gecorrigeerd voor verschillen in vetvrije massa (116 ± 23 kJ/kg.dag v 114 ± 31 kJ/kg.dag) (Hoofdstuk 5). De energieopname gemeten met een 7-daags voedingsdagboek bleek vooral bij de mensen met overgewicht veel lager dan het energiegebruik (gemiddeld -4.5 MJ/dag). Aangezien er geen duidelijke indicaties waren voor lijngedrag in deze groep, concluderen we dat deze discrepantie vooral moet worden toegeschreven aan onderrapportage van de voedselopname.

In onze maatschappij hebben veel mensen weinig lichaamsbeweging. Door aan sport te gaan doen kan de lichamelijke activiteit verhoogd worden. Er is echter weinig bekend over de effecten van een dergelijke aktivitetsverhoging op de energiewisseling. Bij 32 ongetrainde mensen (16 mannen, 16 vrouwen) met een laag aktivitetsniveau bestudeerden wij de veranderingen in energiewisseling en in lichaamssamenstelling, gedurende de eerste 5 maanden van een trainingsprogramma dat gericht was op het lopen van een halve marathon na 9 maanden (Hoofdstuk 6 & 7). Na 20 weken was de lichamelijke activiteit zoals die gemeten werd met de versnellingsopnemer bij mannen en vrouwen met respectievelijk 62 en 63% toegenomen. Deze toename was vrijwel geheel toe te schrijven

aan het trainingsprogramma zelf. Bij mannen nam het energiegebruik significant toe; deze toename was 3 tot 4 maal zo hoog dan op basis van de training verwacht mocht worden. Bij de vrouwen kon de toename in het energiegebruik vrijwel geheel worden toegeschreven aan de training en aan een lichte stijging van de ruststofwisseling. Daarnaast werd geen lange termijn effect van de stijging in activiteit op de slaapstofwisseling gevonden. Deze resultaten suggereren dat inspanning bij mannen een stimulerend effect heeft op lichamelijke activiteit in het algemeen en mogelijk op de dieet-geïnduceerde thermogenese, terwijl dit bij vrouwen niet zo is.

Er werden geen veranderingen in lichaamsgewicht gevonden na 20 weken training. De lichaamssamenstelling was echter wel significant veranderd. Bij mannen en vrouwen nam de vetmassa af met 2.4 respectievelijk 0.9 kg, terwijl de vetvrije massa met 1.7 respectievelijk 1.0 kg toenam.

Na analyse van het verband tussen de lichaamssamenstelling en de menstruele cyclus enerzijds, en de slaapstofwisseling anderzijds, bleek dat de vetvrije massa de beste voorspeller is voor de slaapstofwisseling (Hoofdstuk 8), zoals vaker is beschreven in de literatuur. Uitgaande van onze gegevens bleek echter dat toevoeging van de vetmassa aan dit model tot een significante verbetering van dit model leidt. Mogelijke verklaringen hiervoor worden besproken. Daarnaast bleek dat de menstruele cyclus van invloed is op de slaapstofwisseling. Van 16 vrouwen vertoonden 14 een duidelijk verhoogde slaapstofwisseling tijdens de post-ovulaire fase van de menstruele cyclus. Het lijkt daarom aan te bevelen om bij toekomstig onderzoek naar de slaapstofwisseling, naast de vetvrije massa ook rekening te houden met de vetmassa en, bij vrouwen, tevens met de fase van de menstruele cyclus.